Approved For Release 2003/05/14 : CIA-RDP78B05171A000600070050-2

STAT

Optik 11
Heft 6, 1954

Neu: Institut für Medizinische Optik
München
Sarbruchstraße 16

Über die Akkommodationsruhelage

Von *H. Schober*, Borstel*)

Herrn *Professor Dr. Clemens Schaefer* zum 75. Geburtstag gewidmet

Vor nunmehr 98 Jahren hat *H. v. Helmholtz* in seiner grundlegenden, im ersten Band von *Graefes* Archiv f. Ophthalmologie erschienenen Arbeit[1]) jene Auffassungen über den Akkommodationsvorgang niedergelegt, die trotz mancher Anfeindungen bis zum heutigen Tage anerkannt geblieben sind. Nach seiner wohlbegründeten Ansicht geschehen die zur Akkommodation führenden Vorgänge ausschließlich im System Ziliarkörper — Zonulafasern — Augenlinse, das eine mechanisch-elastische Einheit darstellt. Die Augenlinse (oder deren Kapsel) ist ein elastischer Körper, der ohne äußere Einwirkung das Bestreben hat, annähernd zur Kugelform überzugehen. Dies wird aber durch den Zug der Zonulafasern verhindert, die mit dem äußeren Kapselrand fest verwachsen sind und eine Abflachung der Linse bewirken. Der elastische Zug der Zonulafasern ist so lange vorhanden, als nicht durch Kontraktion des Ziliarmuskels dieser Zustand geändert und damit der Linse die Gelegenheit gegeben wird, zur stärker gewölbten Form überzugehen. Der Ziliarmuskel stellt also gewissermaßen das einzige „lebende Glied" in diesem System dar, die beiden anderen Glieder (Zonulafasern und Linse) werden lediglich durch die Änderung der physikalischen Verhältnisse beeinflußt. Da nach den Lehren der Physiologie im Normfall die Muskelkontraktion den Erfolg einer aktiven Anstrengung, die Entspannung des Muskels den Ruhezustand darstellt, hat man aus der *Helmholtz*schen Lehre gefolgert, daß die *Einstellung des Auges auf die Ferne* (entspannter Ziliarmuskel, gespannte Zonulafasern, abgeflachte Linse) der *Akkommodationsruhelage*, *die Einstellung des Auges auf die Nähe* (kontrahierter Ziliarmuskel, schlaffe Zonulafasern, gewölbte Linse) der *Akkommodationsanspannung* entsprechen müsse.

Die eben geschilderte Folgerung aus den *Helmholtz*schen Beobachtungen ist jedoch nicht zwingend. Sie entspricht, wie im folgenden gezeigt werden wird, auch gar nicht den wirklichen Verhältnissen. Die tatsächliche Akkommodationsruhelage muß aller Wahrscheinlichkeit nach zwischen dem Fernpunkt und dem Nahpunkt (bei einer Einstellung des Auges auf etwa 1 m Entfernung) zu finden sein. Diese Erkenntnis ist von außerordentlicher theoretischer und praktischer Bedeutung. Sie darf weder bei physiologisch-optischen Untersuchungen noch beim Bau optischer Instrumente übersehen werden.

*) Mitteilung aus dem Tbc-Forschungsinstitut Borstel.

Declass Review by NIMA/DOD

Approved For Release 2003/05/14 : CIA-RDP78B05171A000600070050-2

Approved For Release 2003/05/14 : CIA-RDP78B05171A000600070050-2

Anatomisch-neurologische Hinweise für die wirkliche Akkommodationsruhelage

Der Ziliarmuskel ist, anatomisch gesehen, ein sogenannter glatter Muskel. Diese Muskelart (z. B. Darmmuskulatur, Blutgefäßwandungen) wird zum Unterschied von der quergestreiften Skelettmuskulatur nicht durch die Fasern eines bestimmten motorischen Nerven zur Kontraktion angeregt. Ihr mehr oder weniger starker Kontraktionszustand wird durch die Änderung im Gleichgewicht der kontrahierenden (parasympathischen) und der entlastenden (sympathischen) Fasern des vegetativen Nervensystems bewirkt. Infolgedessen gibt es auch für den glatten Muskel keinen eigentlichen Ruhezustand, zumindest stellt weder der Zustand maximaler Kontraktion noch der maximaler Entspannung den Ruhezustand dar. Man hat lange Zeit geglaubt, daß für den Ziliarmuskel in dieser Hinsicht eine Ausnahmestellung bestehe, weil man lediglich die ihn zur Kontraktion anregenden parasympathischen Fasern des Nervus oculomotorius gekannt hat und glaubte, daß der Ziliarmuskel zum Unterschied von den übrigen glatten Muskeln willentlich kontrahiert werden kann.

Diese Ansicht ist aber hinsichtlich der Innervierung in den letzten Jahren durch die ausführlichen histologischen Arbeiten von *Meesmann*[2]) widerlegt worden. Der Ziliarmuskel besteht in Wirklichkeit aus einem sehr verwickelten Fasersystem. Die alte Dreiteilung in meridional verlaufende (*Brücke*scher Muskel), radialverlaufende (*Iwanoff*scher Muskel) und zirkulär verlaufende Fasern (*Müller*scher Muskel) hält einer genauen Kritik nicht stand; die Muskulatur ist vielmehr ein eng verflochtenes System, das lediglich als Gesamtheit angesehen werden kann. Besonders wichtig ist aber, daß außer den parasympathischen Fasern aus dem Nervus oculomotorius in ihn auch aus dem Halssympathikus stammende orthosympathische Nervenfasern einmünden. Der Ziliarmuskel wird also entgegen der älteren Auffassung genau so wie alle anderen glatten Muskeln durch beide Arten der vegetativen Nervenfasern gesteuert. Man sollte daher von ihm auch kein anderes Verhalten erwarten, als man es bei den übrigen glatten Muskeln kennt. Er dürfte genau so wie alle anderen glatten Muskeln keine sicher feststellbare Ruhelage haben; zumindest dürfte der Zustand völliger Entspannung nicht seiner Ruhelage entsprechen.

Als einziger, zumeist ins Treffen geführter Unterschied gegenüber den übrigen glatten Muskeln bleibt demnach nur noch die Möglichkeit der willentlichen Beeinflussung des Kontraktionszustandes. Gerade diese ist aber von jeher sehr problematisch gewesen. Der Akkommodationsreiz ist vom Konvergenzreiz nicht zu trennen. Jeder aus einem Sehding hervorgehende Konvergenzimpuls hat auch einen Akkommodationsimpuls zur Folge. Die willentliche Steuerung der Konvergenz bildet aber physiologisch keine Schwierigkeit, weil die Augenbewegung zum Unterschied von der Akkommodation durch quergestreifte Muskelfasern durchgeführt wird und daher (genau so wie die Skelettmuskulatur) durch Willensakte beeinflußt werden kann. Für den Konvergenzimpuls genügt es, sich einen bestimmten, im Objektraum gelegenen Punkt vorzustellen und den Wunsch

Approved For Release 2003/05/14 : CIA-RDP78B05171A000600070050-2

Approved For Release 2003/05/14 : CIA-RDP78B05171A000600070050-2

zu haben, diesen Punkt zu fixieren. Gleichzeitig tritt durch die unbewußte Koppelung von Konvergenz und Akkommodation auch der Akkommodationsimpuls ein.

Die anatomischen Befunde von *Meesmann* werden durch zahlreiche klinische Beobachtungen bestätigt. Beim Ausfall des Halssympathikus (sogenannte *Horner*sche Erkrankung) besteht neben der Verengung der Pupille auch eine deutliche Erschwerung der Akkommodationseinstellung auf die Ferne. Das Umgekehrte findet sich bei Übergewicht des Orthosympathikus (z. B. bei bestimmten Formen der *Basedow*schen Krankheit), wo gleichzeitig mit einer Pupillenerweiterung Schwierigkeiten bei der Akkommodation auf die Nähe eintreten. Man kann aus den beiden genannten pathologischen Zuständen den Eindruck gewinnen, daß sowohl die Akkommodation auf die Ferne als auch die Akkommodation auf die Nähe aktiv durch das vegetative Nervensystem beeinflußt werden, und zwar die erstere durch Übergewicht des Orthosympathikus, die letztere durch Übergewicht des Parasympathikus.

In dieselbe Richtung weisen auch die Beobachtungen über die pharmakologische Wirkung bestimmter Nervengifte. So führen die parasympathikusanregenden oder die orthosympathikuslähmenden Gifte (z. B. Pilocarpin, Mutterkornpräparate) häufig zu Erschwerungen der Fernakkommodation, während die parasympathikuslähmenden oder orthosympathikusanregenden Gifte (z. B. Atropin oder Kokain) die Akkommodation auf die Nähe nachteilig beeinflussen. Schaltet man durch bestimmte Gifte (z. B. Überdosierung von Sulfonamiden) das vegetative Nervensystem weitgehend ab, so entsteht nicht so selten eine Fixierung des Akkommodationszustandes auf die Entfernung von rund 0,5 m. Das Auge verhält sich dann so wie dasjenige eines voll Alterssichtigen, der gleichzeitig eine Kurzsichtigkeit von rund 2 dptr besitzt.

Physiologisch-optische Untersuchungen zur Akkommodationsruhelage

a) Die Einstellung optischer Instrumente

Bei der Einstellung optischer Instrumente wird häufig die Beobachtung gemacht, daß bei freier Beweglichkeit der Okulare myope Werte bevorzugt werden. Vor allem ungeübte und jugendliche Beobachter verschieben die Okulare gern um 1 und mehr dptr gegenüber dem freiäugig gemessenen Refraktionszustand ihres Auges nach der Minusseite. Dieser Umstand bewirkt auch die unterschiedliche Lage des Maximums in der statistischen Verteilung des Refraktionszustandes einer größeren Zahl von Beobachtern, wenn diese das eine Mal mit freiäugiger Beobachtung, das andere Mal mit Hilfe von Fernrohreinstellung bestimmt wurde.

Für die freiäugige Beobachtung liegt nach den ausführlichen Arbeiten von *Steiger*[3]) und von *Betsch*[4]) das Häufigkeitsmaximum in der Verteilung der Refraktionszustände bei etwa +0,5 dptr. Bei der Okulareinstellung von Fernrohren hat der Verfasser hingegen während des letzten Krieges an einer großen Anzahl von Seeleuten in guter Übereinstimmung mit den entsprechenden Erfahrungen der optischen Firmen gefunden, daß das Häufigkeitsmaximum nicht bei +0,5, sondern bei etwa −1 dptr liegt[5]).

Approved For Release 2003/05/14 : CIA-RDP78B05171A000600070050-2

Approved For Release 2003/05/14 : CIA-RDP78B05171A000600070050-2

Es besteht also zwischen der freiäugigen Beobachtung und der Fernrohrbeobachtung eine Kluft von rund 1,5 dptr. Dieser Widerspruch ist zwanglos zu erklären, wenn man bedenkt, daß bei den freiäugigen Bestimmungen des Häufigkeitsmaximums die Beobachtung von Sehprobentafeln aus 5 oder 6 m Abstand benutzt und damit die zwangsweise Einstellung des Auges auf die Ferne verlangt wurde, während bei der Fernrohrbeobachtung Akkommodationsänderungen durch Änderung der Okulareinstellung weitgehend kompensiert werden konnten. Die freiäugige Bestimmung des Fernvisus setzt also von allem Anfang an eine feste Akkommodationslage voraus, während die Fernrohreinstellung die Wahl der günstigsten Akkommodationslage gestattet. Fällt diese aber nicht, wie aus den anatomischen und klinischen Erfahrungen zu erwarten ist, mit der Ferneinstellung, d. h. der maximalen Entspannung des Ziliarmuskels zusammen, so heißt das, daß die Ferneinstellung auch nicht die Akkommodationsruhelage darstellt. Gerade die Fernrohrversuche deuten in Übereinstimmung mit den

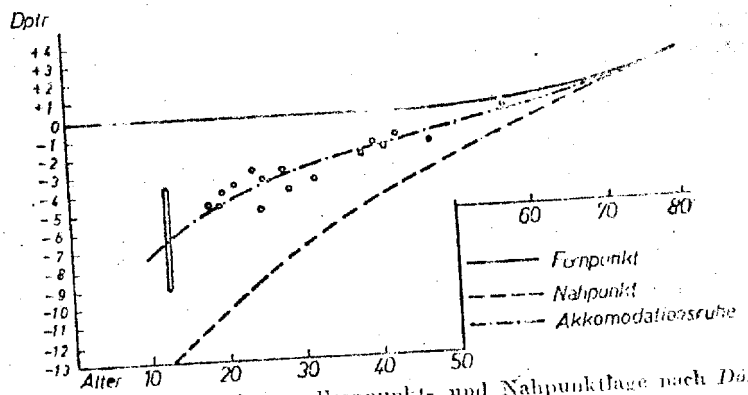

Abb. 1. Altersabhängigkeit von Fernpunkt- und Nahpunktlage nach *Donders* und vermutliche Akkommodationsruhelage beim Dioptriometer

klinischen Erfahrungen darauf hin, daß die Akkommodationsruhelage zwischen Fernpunkt und Nahpunkt zu suchen ist. Es ist das besondere Verdienst von *Kühl*[6]), diesen Umstand zuerst klar erkannt und in seiner Bedeutung gewürdigt zu haben.

In den letzten Jahren haben besonders *Lau*[7]) und *Mützel*[8]) mit dem von ihnen entwickelten Dioptriometer die Richtigkeit der eben gemachten Ausführungen bestätigen können. Bei diesem Gerät werden virtuelle Streifenbilder beobachtet, deren Lage im Raum durch geeignete Einstellung von zwei zueinander parallelen Gittern verändert werden kann. Läßt man durch rechtssichtige Beobachter die Streifenbilder größter Prägnanz bestimmen, so findet man, daß diese nicht beim Fernpunkt oder Nahpunkt, sondern bei einer Zwischenlage eintreten. (Vgl. Abb. 1.) Je jünger der betreffende Beobachter ist, je leichter er also akkommodieren kann, um so mehr rückt das Streifenbild höchster Prägnanz an ihn heran. *Lau* schreibt dazu: „Auf Grund der ersten Versuche wird vermutet, daß das Auge bei

Approved For Release 2003/05/14 : CIA-RDP78B05171A000600070050-2

Approved For Release 2003/05/14 : CIA-RDP78B05171A000600070050-2

der Untersuchung mit diesem Gerät auf eine bestimmte Entfernung akkommodiert. Der eingestellte Wert entspricht einer Akkommodation des Auges, bei der sich die Kräfte Ziliarmuskel – Linsenspannung unbeeinflußt durch Akkommodationsreize ausgleichen. Dieser Ausgleich hängt nun in wesentlichen von der Elastizität der Linse ab und ändert sich daher mit zunehmendem Alter."

b) Die Nachtmyopie

Bekanntlich wird das menschliche Auge bei herabgesetzter Beleuchtung myop, und zwar um so stärker, je jünger die betreffende Person ist. Die Nachtmyopie wird zum Teil durch Änderung der Abbildungsfehler bei Erweiterung der Pupille und Wechsel der Lichtfarbe, zum Teil aber auch durch Akkommodationsänderungen beeinflußt[9]). Der Akkommodationseinfluß bei dieser Erscheinung überwiegt sogar alle anderen Einflüsse[10]) und läßt sich auch am Verhalten der *Purkinje-Samson*schen Spiegel-

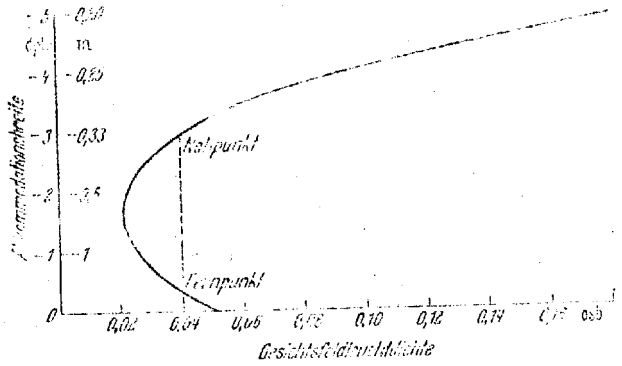

Abb. 2. Abhängigkeit der Akkommodationsbreite von der Gesichtsfeldleuchtdichte nach *Palacios*

bildchen im Auge nachweisen[11]). Nach den Arbeiten von *Otero*, *Duran* und *Palacios*[12]) nimmt die Akkommodationsbreite mit Herabsetzung der Adaptationsleuchtdichte ab. Bei Adaptationsleuchtdichten unter 0,02 asb (Vollmondbeleuchtung) besitzt auch das jugendliche Auge keine Akkommodationsfähigkeit mehr (Abb. 2). Die Akkommodation ist dann beim Rechtssichtigen auf −2 dptr festgestellt. Es liegt nahe, diese Akkommodationseinstellung als Ruhelage anzunehmen, weil in diesem Falle bei der geringen Sehschärfe und der geringen Zahl im Gesichtsfeld vorhandener Lichtreize keine Ursache zu einer Akkommodationsanregung gegeben ist. Der aus der Nachtmyopie ermittelte Wert für die Akkommodationsruhelage stimmt ebenfalls recht gut mit den aus den bisher beschriebenen Untersuchungen ermittelten Werten überein.

c) Die negative Akkommodation

Wenn die Einstellung des Auges auf die Ferne nicht mit der Akkommodationsruhelage zusammenfällt, sondern bereits einen aktiven Akkommo-

Approved For Release 2003/05/14 : CIA-RDP78B05171A000600070050-2

Approved For Release 2003/05/14 : CIA-RDP78B05171A000600070050-2

dationsvorgang darstellt, müssen systematische Untersuchungen den Beweis für die Existenz einer solchen negativen Akkommodation liefern können. Das ist auch in der Tat geschehen. Man weiß schon lange, daß hyperope Personen eine gewisse *Restakkommodation* zeigen. Man kann durch geeignete Hilfsmittel, wie durch gleichzeitige Verwendung von parasympathikuslähmenden und orthosympathikusanregenden Drogen, z. B. Atropin und Kokain, eine weitaus stärkere „Akkommodationsentlastung" erreichen, als mit einer Art dieser Drogen allein. Man weiß aber auch, daß solche Personen sich häufig gegen eine derartige Vollkorrektionsbrille zur Wehr setzen und behaupten, daß sie mit einer schwächeren Brille besser sehen können. Umgekehrt kann man durch systematische Schulung der Akkommodationsentlastung bei vielen Kurzsichtigen eine Besserung des Refraktionsfehlers ohne die entsprechende Korrektur erreichen. *Y. LeGrand*[13]) hat vor kurzem zeigen können, daß eine derartige

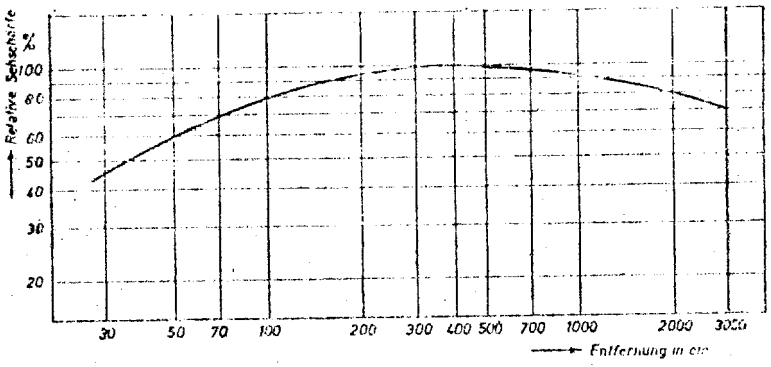

Abb. 3. Abhängigkeit der Sehschärfe vom Objektabstand nach *Douma*

Schulung auch bei rechtsichtigen und übersichtigen Personen ohne weiteres möglich ist. Läßt man sie „bei weit geöffneter Pupille und weit offenen Augenlidern" angestrengt in die Ferne sehen, so kann man ihnen eine wesentlich stärkere Pluskorrektur geben als sie normalerweise vertragen würden. *Morgan*[14]) hat gefunden, daß ein Katzenauge durch Reizung der orthosympathischen Halsganglien seinen Refraktionszustand von $-0{,}5$ dptr auf $+4$ und mehr Dioptrien in Richtung einer Übersichtigkeit verschiebt. Durchschneidung der parasympathischen Fasern des Nervus oculomotorius bewirkt ebenfalls eine Änderung des Refraktionszustandes von $-0{,}5$ dptr auf $+3{,}5$ dptr. Zerstört man nachträglich auch noch die orthosympathischen Halszentren, so kehrt der Refraktionszustand wieder auf den Normalwert von $-0{,}5$ dptr zurück. Die negative Akkommodation kann nach *Fincham*[15]) durch entsprechende gleichzeitige Konvergenzentlastung deutlich unterstützt werden. So wird der Refraktionszustand der meisten Menschen zu hyperoperen Werten verschoben, wenn man sie durch divergierende Prismen blicken läßt.

Approved For Release 2003/05/14 : CIA-RDP78B05171A000600070050-2

Approved For Release 2003/05/14 : CIA-RDP78B05171A000600070050-2

d) Die Entfernungsabhängigkeit der Sehschärfe

Schon *Aubert* und *Förster*[16]) haben gezeigt, daß beim einzelnen Menschen die Sehschärfenmessungen bei verschiedenen Sehzeichenabständen nicht zu gleichem Ergebnis führen. Im allgemeinen ist die Sehschärfe beim Sehen in die Nähe etwas größer als beim Sehen in die Ferne. *Bouma*[17]) hat vor einigen Jahren festgestellt, daß es ein Optimum der Sehschärfe bei einem Sehzeichenabstand von 2 bis 3 m gibt (vgl. Abb. 3). Sowohl bei größeren als bei kleineren Sehzeichenabständen ist die Sehschärfe deutlich herabgesetzt.

e) Die Bedeutung der einzelnen Teile des Objektraumes für das Sehen

Die üblichen Methoden der Visusbestimmung geben ein falsches Bild über die wirkliche Bedeutung der einzelnen Teile des Objektraumes für das Sehen. Normalerweise sind die in 0,5 bis 2 m Abstand gelegenen Objektpunkte wichtiger als die näher und ferner gelegenen. Denn sie müssen bei der Fortbewegung und unbewußten Handlungen besonders beachtet werden. Die Notwendigkeit besten Sehens in die Ferne ist nur bei ganz bestimmten Aufgaben vorhanden. Man kann das schon daraus erkennen, daß geringfügig kurzsichtige Personen (bis zu etwa —2 dptr) durch ihre Kurzsichtigkeit im normalen Leben gar nicht gestört werden. Sie bemerken diese lediglich im Kino, weil sie dann auf die ferngelegene Leinwand akkommodieren müssen oder bei bestimmten Berufstätigkeiten, z. B. in der Seefahrt, als Autofahrer usw. Die noch näher als 1 m vor dem Auge gelegenen Objektpunkte sind überhaupt nur für Arbeitsverrichtungen, Lesen, Schreiben usw. wichtig.

Mit der hier geschilderten Bedeutung der einzelnen Raumteile für das Sehen stimmt sehr gut die von *Helmholtz* gemachte Beobachtung über die Form des *wahren Horopters* überein[18]). Er hat gefunden, daß der wahre Horopter aus einem schiefen Kegel besteht, dessen Basis durch den in die Augen des Beobachters enthaltenden Horizontalebene liegenden *Vieth-Müller*schen Kreis gebildet wird und dessen Spitze in rund 1 m Abstand auf der Fußbodenebene liegt. Er sieht darin eine sehr zweckmäßige Einrichtung, weil dadurch die Beurteilung des Reliefs, d. h. der Unebenheiten auf der Fußbodenfläche besonders erleichtert wird.

Praktische Bedeutung der Akkommodationsruhelage

Nach den eben geschilderten anatomisch-histologischen und physiologisch-optischen Überlegungen fällt die Akkommodationsruhelage nicht mit der Fernpunktanlage zusammen. Sie wird vielmehr bei der Einstellung des Auges auf Objektpunkte erreicht, die zwischen Fernpunkt und Nahpunkt liegen, wie aus der Tabelle auf S. 289 hervorgeht.

Bedenkt man, daß die Akkommodationsfähigkeit der einzelnen Beobachter eine außerordentlich starke Altersabhängigkeit zeigt und daß außerdem der Einfluß der geometrisch-optischen und der chromatischen Aberrationen bis zu 0,75 dptr betragen kann, so stellt man zwischen allen geschilderten Untersuchungsmethoden eine verblüffend gute Überein-

Approved For Release 2003/05/14 : CIA-RDP78B05171A000600070050-2

Approved For Release 2003/05/14 : CIA-RDP78B05171A000600070050-2

Vermutliche Akkommodationsruhelage bei verschiedenen Untersuchungsmethoden

Untersuchungsmethode	Vermutliche Akkommodationsruhelage in m	in dptr
Histologie des Ziliarkörpers	keine	keine, höchstens Mitte zwischen Nah- und Fernpunkt
Unterschied zwischen Fernrohreinstellung und freiäugiger Refraktionsbestimmung	rund 0,67	rund 1,5
Dioptriemeter	Zwischen Nah- und Fernpunkt	Mitte zwischen Nah- und Fernpunkt
Nachtmyopie	rund 0,5	rund 2
Maximum der Sehschärfe .	rund 2	rund 0,5
Horopter	rund 1	rund 1

stimmung fest. Es sieht tatsächlich so aus, als ob die wirkliche Akkommodationsruhelage in der Mitte zwischen Fernpunkt und Nahpunkt des einzelnen Beobachters zu suchen sei. Das ist aus verschiedenen Gründen bedeutsam.

Wenn man die Ferneinstellung des Auges üblicherweise den Sehschärfeuntersuchungen als Norm zugrunde legt, sollte man beachten, daß man es hier bereits mit einer gewissen negativen Akkommodationsanstrengung zu tun hat. Es besteht durchaus die Möglichkeit, daß durch ungünstige Umstände diese Anstrengung künstlich verstärkt und damit der Refraktionszustand falsch beurteilt wird. Die alte Refraktionsregel „stärkstes Plus- oder schwächstes Minusglas" hat daher keine absolute, sondern nur relative Bedeutung. Es besteht immer die Gefahr, daß beim Zusammentreffen ungünstiger, d. h. die negative Akkommodation fördernder Umstände, zu stark nach der Plusseite korrigiert wird. Bei optischen Instrumenten mit freier Beweglichkeit der Okulare ist zu beachten, daß hier die Möglichkeit der Einstellung nach der wirklichen Akkommodationsruhelage viel leichter gegeben ist als beim freien Auge und daß infolgedessen geringfügige Minuseinstellungen gegenüber der Nulleinstellung oder der Pluseinstellung bevorzugt werden.

Zusammenfassung

Die bisherige Anschauung, daß die Einstellung des Auges auf die Ferne mit der Akkommodationsruhelage zusammenfalle, kann nach den Erfahrungen der Anatomie, Histologie und Physiologischen Optik nicht mehr aufrechterhalten werden. Der Ziliarmuskel besteht aus glatten Muskelfasern, die sowohl vom Parasympathikus, als auch vom Orthosympathikus gesteuert werden. Die Akkommodationseinstellung ist willentlich nur über die Koppelung mit dem Konvergenzimpuls steuerbar. Die Unterschiede zwischen der Okulareinstellung optischer Instrumente und den freiäugig gemessenen Refraktionswerten, die Untersuchungen am

Approved For Release 2003/05/14 : CIA-RDP78B05171A000600070050-2

Approved For Release 2003/05/14 : CIA-RDP78B05171A000600070050-2

Dioptriemeter, die Erfahrungen mit der Nachtmyopie, die Existenz einer negativen Akkommodation, die Lage des Sehschärfemaximums und die Form des Horopters sprechen dafür, daß die wirkliche Akkommodationsruhelage nicht bei der Einstellung des Auges auf die Ferne, sondern vielmehr bei der Einstellung auf die Mitte zwischen Fernpunkt und Nahpunkt zu suchen ist.

Literatur

1) *H. v. Helmholtz*, Über die Accommodation des Auges. Graefes Arch. f. Ophthalm. I II, S. 1—74 (1855).
2) *A. Mcesmann*, Experimentelle Untersuchungen über die antagonistische Innervation der Ziliarmuskulatur. Ber. 57. Vers. Dtsch. Ophthalm. Ges. S. 236 bis 238 (1952).
3) *A. Steiger*, Die Entstehung der sphärischen Refraktionen des menschlichen Auges. (Übersichtigkeit, Normalsichtigkeit, Kurzsichtigkeit). Verlag J. Springer, Berlin 1913.
4) *A. Betsch*, Über die menschliche Refraktionskurve. Klin. Mbl. Augenhk. 82, S. 365—379 (1929).
5) *H. Schober*, Die Nachtmyopie und ihre Ursachen. Graefes Arch. f. Ophthalm. 148, S. 171—186 (1947).
6) *A. Kühl*, Die Akkommodationsruhe und ihr Einfluß auf das Nachtsehen ohne und mit Fernrohr. In Festschrift zum 25jährigen Bestehen des O.-v.-Miller-Polytechnikum, Akademie für angewandte Technik, München 1949.
7) *E. Lau*, Das Dioptriemeter. Optik 8, S. 419—425 (1951).
8) *E. Lau* und *K. Mütze*, Neue Wege zur Bestimmung der Fehlsichtigkeit. Dtsch. optische Wchschr. 69 S. 4—9 (1952).
9) *J. M. Otero* und *N. Aguilar*, Accommodation and Night Myopia. Journ. Opt. Soc. Amer. 41, S. 106 u. 1062 (1951).
10) *J. Cabello Gamez*, Las Causas de la Miopia nocturna. An. de Fisica y Quimica 41, S. 439—460 (1945).
11) *J. M. Otero, M. Th. Vigón Sánchez* u. *D. Gálvez Armengaud*, Sobre la posicion natural del cristalino y la causa principal de las ametropias nocturnas. An. de Fisica y Quimica 46, S. 1—4 (1950).
12) *A. Duran*, Los valores umbrales de la miopia nocturna. An. de Fisica y Quimica 39, S. 579—585 (1943).
13) *Y. Le Grand*, Sur l'existence chez certain sujets d'une accommodation negative. C. R. 230, S. 1422—1424 (1951).
14) *W. M. Morgan* und *J. M. D. Olmstedt*, Quantitative Measurements of Relative Accommodation and Relative Covergence. Proc. Soc. Exper. Biol. & Med. 41, S. 303—307 (1939)
15) *E. F. Fincham*, The Changes in the Form of Crystalline Lens in Accommodation. Trans. Opt. Soc. London 26, S. 239—269 (1924/25).
16) *H. Aubert* u. *E. Förster*, Beiträge zur Kenntnis des indirekten Sehens. Graefes Arch. f. Ophthalm. 3 II, S. 1—67 (1857).
17) *P. J. Bouma*, Sehschärfe und Wahrnehmungsgeschwindigkeit bei der Straßenbeleuchtung. Philips' Techn. Rundschau 1, S. 215—220 (1936).
18) *H. v. Helmholtz*, Handbuch der Physiologischen Optik, Bd. III. Verlag Voß, Hamburg und Leipzig. 2. Aufl. 1896.

(Eingegangen am 18. 11. 1953)

Approved For Release 2003/05/14 : CIA-RDP78B05171A000600070050-2

Approved For Release 2003/05/14 : CIA-RDP78B05171A000600070050-2

Es besteht also zwischen der freiäugigen Beobachtung und der Fernrohrbeobachtung eine Kluft von rund 1,5 dptr. Die ev. Widersprüche zwischen beiden zu erklären, wenn man bedenkt, daß bei den freiäugigen Beobachtungen des Häufigkeitsmaximums die Beobachtung von Sehzeichentafeln aus 5 oder 6 m Abstand benutzt und damit die zwangsweise Einstellung des Auges auf die Ferne verlangt wurde, während bei der Fernrohrbeobachtung Akkommodationsänderungen durch Änderung der Okulareinstellung entsprechend kompensiert werden konnten. Die freiäugige Bestimmung des Fernvisus setzt also von allem Anfang an eine feste Akkommodationslage voraus, während die Fernrohreinstellung die Wahl der günstigsten Akkommodationslage gestattet. Fällt diese aber nicht, wie aus den analogen und klinischen Erfahrungen zu erwarten ist, mit der Ferneinstellung, d. h. der maximalen Entspannung des Ziliarmuskels zusammen, so heißt das, daß die Ferneinstellung auch nicht die Akkommodationsruhelage darstellt. Gerade die Fernrohrversuche deuten in Übereinstimmung mit den

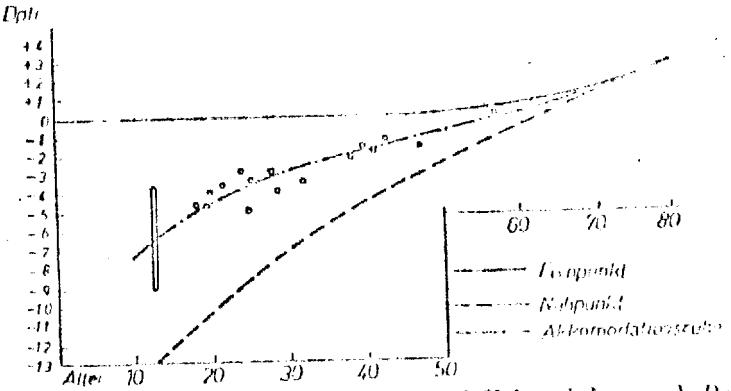

Abb. 1. Altersabhängigkeit von Fernpunkt und Nahpunktlage nach *Donders* und vermutliche Akkommodationsruhelage beim Dioptriometer

klinischen Erfahrungen darauf hin, daß die Akkommodationsruhelage zwischen Fernpunkt und Nahpunkt zu suchen ist. Es ist das besondere Verdienst von *Kühl*[6]), diesen Umstand zuerst klar erkannt und in seiner Bedeutung gewürdigt zu haben.

In den letzten Jahren haben besonders *Lau*[7]) und *Mätze*[8]) mit dem von ihnen entwickelten Dioptriometer die Richtigkeit der eben gemachten Ausführungen bestätigen können. Bei diesem Gerät werden virtuelle Streifenbilder beobachtet, deren Lage im Raum durch geeignete Einstellung von zwei zueinander parallelen Gittern verändert werden kann. Läßt man durch rechtssichtige Beobachter die Streifenbilder größter Prägnanz bestimmen, so findet man, daß diese nicht beim Fernpunkt oder Nahpunkt, sondern bei einer Zwischenlage eintreten. (Vgl. Abb. 1.) Je jünger der betreffende Beobachter ist, je leichter er also akkommodieren kann, um so mehr rückt das Streifenbild höchster Prägnanz an ihn heran. *Lau* schreibt dazu: „Auf Grund der ersten Versuche wird vermutet, daß das Auge bei

Approved For Release 2003/05/14 : CIA-RDP78B05171A000600070050-2

Approved For Release 2003/05/14 : CIA-RDP78B05171A000600070050-2

der Untersuchung mit diesem Gerät auf eine bestimmte Entfernung akkommodiert. Der eingestellte Wert entspricht einer Akkommodation des Auges, bei der sich die Kräfte Ziliarmuskel – Linenspannung unbeeinflußt durch Akkommodationsreize ausgleichen. Dieser Ausgleich hängt nun im wesentlichen von der Elastizität der Linse ab und ändert sich daher mit zunehmendem Alter."

b) Die Nachtmyopie

Bekanntlich wird das menschliche Auge bei herabgesetzter Beleuchtung myop, und zwar um so stärker, je jünger die betreffende Person ist. Die Nachtmyopie wird zum Teil durch Änderung der Abbildungsfehler bei Erweiterung der Pupille und Wechsel der Lichtfarbe, zum Teil aber auch durch Akkommodationsänderungen beeinflußt[9]). Der Akkommodationseinfluß bei dieser Erscheinung überwiegt sogar alle anderen Einflüsse[10]) und läßt sich auch am Verhalten der *Purkinje-Sanson*schen Spiegel-

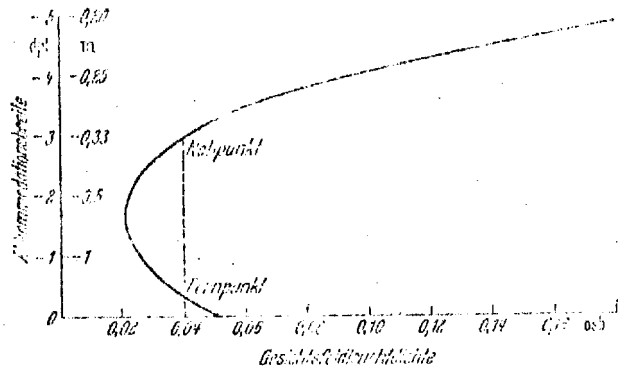

Abb. 2. Abhängigkeit der Akkommodationsbreite von der Gesichtsfeldleuchtdichte nach *Palacios*

bildchen im Auge nachweisen[11]). Nach den Arbeiten von *Otero*, *Duran* und *Palacios*[12]) nimmt die Akkommodationsbreite mit Herabsetzung der Adaptationsleuchtdichte ab. Bei Adaptationsleuchtdichten unter 0,02 asb (Vollmondbeleuchtung) besitzt auch das jugendliche Auge keine Akkommodationsfähigkeit mehr (Abb. 2). Die Akkommodation ist dann beim Rechtssichtigen auf −2 dptr festgestellt. Es liegt nahe, diese Akkommodationseinstellung als Ruhelage anzunehmen, weil in diesem Falle bei der geringen Sehschärfe und der geringen Zahl im Gesichtsfeld vorhandener Lichtreize keine Ursache zu einer Akkommodationsanregung gegeben ist. Der aus der Nachtmyopie ermittelte Wert für die Akkommodationsruhelage stimmt ebenfalls recht gut mit den aus den bisher beschriebenen Untersuchungen ermittelten Werten überein.

c) Die negative Akkommodation

Wenn die Einstellung des Auges auf die Ferne nicht mit der Akkommodationsruhelage zusammenfällt, sondern bereits einen aktiven Akkommo-

Approved For Release 2003/05/14 : CIA-RDP78B05171A000600070050-2

Approved For Release 2003/05/14 : CIA-RDP78B05171A000600070050-2

dationsvorgang darstellt, müssen systematische Untersuchungen den Beweis für die Existenz einer solchen negativen Akkommodation liefern können. Das ist auch in der Tat geschehen. Man weiß schon lange, daß hyperope Personen eine gewisse *Restakkommodation* zeigen. Man kann durch geeignete Hilfsmittel, wie durch gleichzeitige Verwendung von parasympathikuslähmenden und orthosympathikusanregenden Drogen, z. B. Atropin und Kokain, eine weitaus stärkere „Akkommodationsentlastung" erreichen, als mit einer Art dieser Drogen allein. Man weiß aber auch, daß solche Personen sich häufig gegen eine derartige Vollkorrektionsbrille zur Wehr setzen und behaupten, daß sie mit einer schwächeren Brille besser sehen können. Umgekehrt kann man durch systematische Schulung der Akkommodationsentlastung bei vielen Kurzsichtigen eine Besserung des Refraktionsfehlers ohne die entsprechende Korrektur erreichen. *Y. LeGrand*[13]) hat vor kurzem zeigen können, daß eine derartige

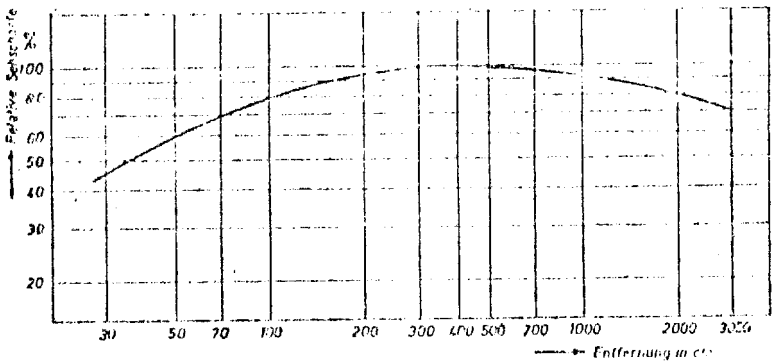

Abb. 3. Abhängigkeit der Sehschärfe vom Objektabstand nach *Bouma*

Schulung auch bei rechtssichtigen und übersichtigen Personen ohne weiteres möglich ist. Läßt man sie „bei weit geöffneter Pupille und weit offenen Augenlidern" angestrengt in die Ferne sehen, so kann man ihnen eine wesentlich stärkere Pluskorrektur geben als sie normalerweise vertragen würden. *Morgan*[14]) hat gefunden, daß ein Katzenauge durch Reizung der orthosympathischen Halsganglien seinen Refraktionszustand von $-0{,}5$ dptr auf $+4$ und mehr Dioptrien in Richtung einer Übersichtigkeit verschiebt. Durchschneidung der parasympathischen Fasern des Nervus oculomotorius bewirkt ebenfalls eine Änderung des Refraktionszustandes von $-0{,}5$ dptr auf $+3{,}5$ dptr. Zerstört man nachträglich auch noch die orthosympathischen Halszentren, so kehrt der Refraktionszustand wieder auf den Normalwert von $-0{,}5$ dptr zurück. Die negative Akkommodation kann nach *Fincham*[15]) durch entsprechende gleichzeitige Konvergenzentlastung deutlich unterstützt werden. So wird der Refraktionszustand der meisten Menschen zu hyperoperen Werten verschoben, wenn man sie durch divergierende Prismen blicken läßt.

Approved For Release 2003/05/14 : CIA-RDP78B05171A000600070050-2

Approved For Release 2003/05/14 : CIA-RDP78B05171A000600070050-2

Vermutliche Akkommodationsruhelage bei verschiedenen Untersuchungsmethoden

Untersuchungsmethode	Vermutliche Akkommodationsruhelage in m	in dptr
Histologie des Ziliarkörpers	keine	keine, höchstens Mitte zwischen Nah- und Fernpunkt
Unterschied zwischen Fernrohreinstellung und freiäugiger Refraktionsbestimmung	rund 0,67	rund 1,5
Dioptriemeter	Zwischen Nah- und Fernpunkt	Mitte zwischen Nah- und Fernpunkt
Nachtmyopie	rund 0,5	rund 2
Maximum der Sehschärfe	rund 2	rund 0,5
Horopter	rund 1	rund 1

stimmung fest. Es sieht tatsächlich so aus, als ob die wirkliche Akkommodationsruhelage in der Mitte zwischen Fernpunkt und Nahpunkt des einzelnen Beobachters zu suchen sei. Das ist aus verschiedenen Gründen bedeutsam.

Wenn man die Ferneinstellung des Auges üblicherweise den Sehschärfeuntersuchungen als Norm zugrunde legt, sollte man beachten, daß man es hier bereits mit einer gewissen negativen Akkommodationsanstrengung zu tun hat. Es besteht durchaus die Möglichkeit, daß durch ungünstige Umstände diese Anstrengung künstlich verstärkt und damit der Refraktionszustand falsch beurteilt wird. Die alte Refraktionsregel „stärkstes Plus- oder schwächstes Minusglas" hat daher keine absolute, sondern nur relative Bedeutung. Es besteht immer die Gefahr, daß beim Zusammentreffen ungünstiger, d. h. die negative Akkommodation fördernder Umstände, zu stark nach der Plusseite korrigiert wird. Bei optischen Instrumenten mit freier Beweglichkeit der Okulare ist zu beachten, daß hier die Möglichkeit der Einstellung nach der wirklichen Akkommodationsruhelage viel leichter gegeben ist als beim freien Auge und daß infolgedessen geringfügige Minuseinstellungen gegenüber der Nulleinstellung oder der Pluseinstellung bevorzugt werden.

Zusammenfassung

Die bisherige Anschauung, daß die Einstellung des Auges auf die Ferne mit der Akkommodationsruhelage zusammenfalle, kann nach den Erfahrungen der Anatomie, Histologie und Physiologischen Optik nicht mehr aufrechterhalten werden. Der Ziliarmuskel besteht aus glatten Muskelfasern, die sowohl vom Parasympathikus, als auch vom Orthosympathikus gesteuert werden. Die Akkommodationseinstellung ist willentlich nur über die Koppelung mit dem Konvergenzimpuls steuerbar. Die Unterschiede zwischen der Okulareinstellung optischer Instrumente und den freiäugig gemessenen Refraktionswerten, die Untersuchungen am

Approved For Release 2003/05/14 : CIA-RDP78B05171A000600070050-2